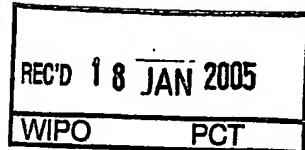


PRV

PATENT- OCH REGISTRERINGSVERKET
PatentavdelningenIntyg
Certificate

Härmed intygas att bifogade kopior överensstämmer med de handlingar som ursprungligen ingivits till Patent- och registreringsverket i nedannämnda ansökan.

This is to certify that the annexed is a true copy of the documents as originally filed with the Patent- and Registration Office in connection with the following patent application.



(71) Sökande Scania CV AB (publ), Södertälje SE
Applicant (s)

(21) Patentansökningsnummer 0400104-6
Patent application number

(86) Ingivningsdatum 2004-01-20
Date of filing

Stockholm, 2004-12-30

För Patent- och registreringsverket
For the Patent and Registration Office

Gunilla Larsson

Avgift
Fee

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

JL/

Sökande: SCANIA CV AB (publ)

5

Förfarande och anordning för styrning av insprutningens av reduktionsmedel

UPPFINNINGENS OMRÄDE OCH TIDIGARE TEKNIK

10

Föreliggande uppfinning avser ett förfarande och en anordning för styrning av insprutningen av reduktionsmedel uppströms en katalysator i en avgasledning från en förbränningsmotor. Uppfinningen avser även ett datorprogram innehållande programkod för implementering av nämnda förfarande, en datorprogramprodukt innehållande ett av en elektronisk styrenhet läsbart medium uppvisande ett därför lagrat datorprogram avsett att bringa en elektronisk styrenhet att implementera nämnda förfarande samt en elektronisk styrenhet.

20

För att uppfylla rådande krav på avgasrening är dagens motorfordon vanligtvis försedda med en katalysator i avgasledningen för att åstadkomma katalytisk omvandling av miljöfarliga beständsdelar i avgaserna till mindre miljöfarliga ämnen. En metod som tagits i bruk för att åstadkomma en effektiv katalytisk omvandling bygger på insprutning av ett reduktionsmedel i avgaserna uppströms katalysatorn. Ett i reduktionsmedlet ingående eller av reduktionsmedlet bildat reduktionsämne förs av avgaserna in i katalysatorn där det adsorberas på aktiva sätten i katalysatorn, vilket ger upphov till lagring (ackumulation) av reduktionsämnet i katalysatorn. Det lagrade reduktionsämnet kan antingen desorbera, d v s lossna från de aktiva sätten, eller reagera med ett avgasämne för omvandling av detta avgasämne till ett ofarligt ämne. En sådan reduktionskatalysator kan exempelvis vara av SCR-typ (SCR = Selective Catalytic Reduction). Denna typ av katalysator benämns fortsättningvis SCR-katalysator. En SCR-katalysator reducerar selektivt NO_x i avgaserna men inte

syret i avgaserna. Hos en SCR-katalysator insprutas vanligtvis ett reduktionsmedel i form av urea eller ammoniak i avgaserna uppströms katalysatorn. Vid insprutningen av urea i avgaserna bildas ammoniak och det är denna ammoniak som utgör reduktionsämnet som bidrar till den katalytiska omvandlingen i SCR-katalysatorn. Ammoniaken ackumuleras i katalysatorn genom att adsorberas på aktiva säten i katalysatorn och i avgaserna förekommande NO_x omvandlas till kväve och vatten då det i katalysatorn bringas i kontakt med ackumulerad ammoniak på de aktiva sätena i katalysatorn.

Vid användning av en reduktionskatalysator i kombination med dosering av reduktionsmedel är det viktigt att styra insprutningen av reduktionsmedlet så att en önskad omvandling av det aktuella avgasämnet erhålls utan att allt för stora mängder oförbrukat reduktionsämne medföljer avgaserna ut ur katalysatorn och därigenom avges till omgivningen. Härigenom kan förbrukningen av reduktionsmedlet och därigenom kostnaderna för detta minimeras samtidigt som en önskad avgivning till omgivningen av reduktionsämnet undviks eller åtminstone minimeras. Exempelvis ammoniak utgör ett reduktionsämne som är giftigt och illaluktande, varför det är önskvärt att i största möjliga mån minimera avgivning till omgivningen av denna ammoniak under upprätthållande av en insprutning av reduktionsmedel, exempelvis i form av urea, som är tillräcklig för att uppnå erfordrad omvandling av det aktuella avgasämnet, i detta fall NO_x .

Då en katalysator av den aktuella typen används styrs i dagsläget insprutningen av reduktionsmedel vanligtvis med hjälp av tvådimensionella tabeller, där varje tabell är relaterad till en viss avgastemperatur. Respektive tabell innehållar värden på den mängd reduktionsmedel som skall insprutas i avgasledningen vid rådande last och varvtal hos den aktuella förbränningsmotorn. Respektive tabell har således motorlast på en första axel och motorvarvtal på en andra axel. Dessa tabeller upprättas empiriskt genom en kartläggning av den aktuella förbränningsmotorn och katalysatorn utgående från prestanda vid stationära förhållanden.

En sådan kartläggning måste göras för varje specifik kombination av förbränningsmotor och katalysator och denna tidigare kända lösning kräver dessutom omfattande testkörningar och inställningar för varje specifik kombination av motortyp av katalysator-typ. En förändring av exempelvis motorns emission medför att omfattande och omständliga ändringar av alla värdena i tabellerna måste genomföras. Eftersom tabellerna ger en dosering som är anpassad för stationära förhållanden så behövs det dynamiska kompenseringar när driftförhållandena ändras hastigt.

5 10 En ytterligare nackdel med denna kända lösning är att det trots dynamiska kompenseringar kan uppstå driftförhållanden som tabellerna ej är utformade för, vilket kan leda till felaktig dosering av reduktionsmedel.

15 UPPFINNINGENS SYFTE

Syftet med föreliggande uppfinning är att åstadkomma ett förfarande som på ett enkelt och tillförlitligt sätt möjliggör en styrning av insprutningen av reduktionsmedel uppströms en katalysator i en avgasledning från en förbränningsmotor så att med avseende på rådande driftförhållanden lämpliga mängder reduktionsmedel kan insprutas.

20

SAMMANFATTNING AV UPPFINNINGEN

25 Enligt uppfinningen uppnås nämnda syfte med hjälp av ett förfarande uppvisande de i patentkravet 1 angivna särdraget.

Den uppfinningsenliga lösningen innebär:

30 - att ett ackumulation-ärvärde representativt för aktuell ackumulation i katalysatorn av ett i reduktionsmedlet ingående eller av reduktionsmedlet bildat reduktionsämne beräknas utgående från information från en beräkningsmodell som, under beaktande av de förväntade reaktionerna i katalysatorn under rådande driftförhållanden, kontinuerligt fastställer aktuella tillstånd i katalysatorn, såsom exempelvis ackumulationen av reduktionsämnet i

35

olika delar av katalysatorn och den omvandling av avgasämne som sker i olika delar av katalysatorn,

- att ett ackumulation-börvärde beräknas utgående från ett emission-börvärde och information från nämnda beräkningsmodell,
- 5 varvid emission-börvärdet är representativt för ett önskat innehåll i avgaserna som lämnar katalysatorn av ett avgasämne som vid avgasernas passage genom katalysatorn åtminstone delvis avlägsnas ur avgaserna under inverkan av reduktionsämnet eller bildas under inverkan av reduktionsämnet och ackumulation-bör
- 10 värdet är representativt för den ackumulation av reduktionsämnet som erfordras i katalysatorn under rådande driftförhållanden för att väsentligen uppnå emission-börvärdet,
- att ackumulation-ärvärdet jämförs med ackumulation-börvärdet, samt
- 15 - att insprutningen av reduktionsmedel i avgasledningen styrs i beroende av resultatet av jämförelsen mellan ackumulation-ärvärdet och ackumulation-börvärdet.

Med den uppfinningsenliga lösningen blir det på ett enkelt och tillförlitligt sätt möjligt att styra insprutningen av reduktionsmedel uppströms en katalysator i en avgasledning från en förbränningssmotor så att lämpliga mängder reduktionsmedel kan insprutas i beroende av rådande driftförhållanden för uppnående av en önskad omvandling av det aktuella avgasämnet. Eftersom den aktuella ackumulationen av reduktionsämnet i katalysatorn tas i beaktande blir det möjligt att med god noggrannhet styra doseringen av reduktionsmedlet så att den önskade omvandlingen av avgasämnet åstadkoms samtidigt som den mängd oförbrukat reduktionsämne som medföljer avgaserna ut ur katalysatorn och därigenom avges till omgivningen begränsas. Härigenom blir det möjligt att minimera förbrukningen av reduktionsmedlet och därigenom kostnaderna för detta samtidigt som en oönskad avgivning till omgivningen av reduktionsämnet undviks eller åtminstone minimeras. Den beräkningsmodell som används behöver endast vara anpassad efter katalysatorn och är därigenom oberoende av utformningen hos den förbränningssmotor som är kopplad till katalysatorn. Genom att använda en beräkningsmo-

dell som endast är knuten till katalysatorn och ej till förbränningssmotorn erhålls ett mycket flexibelt förfarande som vid anpassning för en specifik katalysator kan användas för denna katalysator tillsammans med godtycklig förbränningssmotor. Det är dessutom möjligt att använda en skalbar beräkningsmodell som enkelt kan anpassas i beroende av dimensionerna hos katalysatorn.

5

10 Enligt en utföringsform av det uppfinningsenliga förfarandet beräknas en begränsningsfaktor, vilken begränsningsfaktor har ett värde som beror av en uppskatning av den aktuella risken för att reduktionsämnesinnehållet i avgaserna som lämnar katalysatorn skall komma att överstiga ett förutbestämt gränsvärde, varvid denna begränsningsfaktor tas i beaktande i beräkningen av ackumulation-börvärdet på sådant sätt att ackumulation-börvärdet reduceras med ökande risk för att reduktionsämnesinnehållet i avgaserna som lämnar katalysatorn skall komma att överstiga det förutbestämda gränsvärdet. Härligenom blir det möjligt att eliminera eller åtminstone minimera risken för att oönskade mängder

15 oförbrukat reduktionsämne skall komma att medfölja avgaserna ut ur katalysatorn och därigenom avges till omgivningen.

20

En ytterligare utföringsform av det uppfinningsenliga förfarandet
kännetecknas av:

25. - att ett emission-ärvärde fastställs genom beräkning eller mätning, vilket emission-ärvärde är representativt för aktuellt innehåll av avgasämnet i avgaserna som lämnar katalysatorn,

- att emission-ärvärdet jämförs med emission-börvärdet, samt
- att ackumulation-börvärdet beräknas utgående från informa

30 från nämnda beräkningsmodell och överensstämmelsen mellan emission-ärvärdet och emission-börvärdet.

Genom att på detta sätt låta överensstämelsen mellan emission-ärvärdet och emission-börvärde påverka ackumulation-börvärdet blir det möjligt att hantera en del av tillståndet med en

35 Värdet blir det möjligt att beräkna ackumulation-börvärdet med en approximativ metod eftersom inflytandet på ackumulation-börvärdet av överensstämmelsen mellan emission-ärvärdet och emission-börvärdet gör det möjligt att kompensera för uppkomna av-

vikelser mellan önskad och faktisk emission av avgasämnet. Det beräknade ackumulation-börvärdet behöver således inte exakt motsvara den ackumulation av reduktionsämnet som erfordras för uppnående av emission-börvärdet.

5

Ytterligare utföringsformer av det uppfinningsenliga förfarandet framgår av de osjälvständiga patentkraven och efterföljande beskrivning.

10

Uppfinningen avser även en anordning enligt patentkravet 21 för utövande av det uppfinningsenliga förfarandet.

15

Uppfinningen avser även ett direkt till internminnet hos en dator inladdningsbart datorprogram enligt patentkravet 23, vilket datorprogram innehåller programkod för implementering av det uppfinningsenliga förfarandet.

20

Uppfinningen avser även en datorprogramprodukt enligt patentkravet 24, vilken innehåller ett av en elektronisk styrenhet läsbart medium uppvisande ett därpå lagrat datorprogram avsett att bringa en elektronisk styrenhet att implementera det uppfinningsenliga förfarandet.

25

Uppfinningen avser även en elektronisk styrenhet enligt patentkravet 25.

KORT BESKRIVNING AV RITNINGARNA

30

Uppfinningen kommer i det följande att närmare beskrivas med hjälp av utföringsexempel, med hänvisning till bifogade ritningar. Det visas i:

35

Fig 1 en principskiss över en förbränningsmotor med en tillhörande katalysator och en anordning enligt uppfinningen,

Fig 2 ett blockdiagram illustrerande en första utföringsform
av den uppfinningsenliga anordningen,

5 Fig 3 ett blockdiagram illustrerande en andra utföringsform
av den uppfinningsenliga anordningen,

10 Fig 4 ett blockschema illustrerande en elektronisk styrenhet
förfarandet,

15 Fig 5 ett flödesschema illustrerande ett förfarande enligt en
första utföringsform av föreliggande uppfinning,

Fig 6 ett flödesschema illustrerande ett förfarande enligt en
andra utföringsform av föreliggande uppfinning,

20 Fig 7 ett flödesschema illustrerande ett förfarande enligt en
tredje utföringsform av föreliggande uppfinning; och

Fig 8 ett flödesschema illustrerande ett förfarande enligt en
fjärde utföringsform av föreliggande uppfinning.

DETALJERAD BESKRIVNING AV UTFÖRINGSFORMER

25 I Fig 1 visas schematiskt en förbränningssmotor 1 försedd med en
anordning 10 enligt uppfinningen. Avgaserna som lämnar för-
bränningssmotorn 1 rör sig i en avgasledning 2 och träder ut i om-
givningen via ett avgasutlopp 3. I avgasledningen 2 är en reduk-
tionskatalysator 4 anordnad, företrädesvis i form av en SCR-ka-
talysator. Således bringas avgaserna från förbränningssmotorn 1
30 att passera denna katalysator 4 innan de träder ut i omgivningen
via avgasutloppet 3. I avgasledningen 2 återfinns uppströms ka-
talysatorn 4 ett insprutningsställe 5 för reduktionsmedel. Insprut-
ningen av reduktionsmedel sker med hjälp av en insprutningsan-
ordning innehållande ett eller flera i avgasledningen anordnade
35 insprutningsorgan 6, i form av insprutningsmunstycken eller
liknande, och en därtill ansluten förvaringsbehållare 7 för reduk-

tionsmedel. Insprutningsanordningen innehåller vidare en doser-
enhet 8, vilken innehåller en doseringsinrättning och ett regler-
organ, såsom en reglerventil eller liknande, anordnade att reglera
tillförseln av reduktionsmedel till nämnda insprutningsorgan 6.

5 Doserenheden 8 styrs av en anordning 10 enligt föreliggande upp-
finning, vilken fastställer hur stor mängd reduktionsmedel som
skall sprutas in i avgaserna.

I Fig.2 illustreras en första utföringsform av en anordning 10 en-
10 ligt uppfinningen. Anordningen 10 innehåller ett första beräk-
ningsorgan 20 anordnat att genom användning av en beräk-
ningsmodell kontinuerligt fastställa aktuella tillstånd i katalysa-
torn under beaktande av de förväntade reaktionerna i katalysa-
torn under rådande driftförhållanden. Beräkningsmodellen tar
15 hänsyn till de förväntade exoterma och endoterma reaktionerna i
katalysatorn 4 under rådande driftförhållanden och beräknar
bland annat ackumulationen av det aktuella reduktionsämnet i
olika delar av katalysatorn och den omvandling av det aktuella
avgasämnet som sker i olika delar av katalysatorn. Beräknings-
20 modellen kan utformas på godtyckligt sätt så länge som den med
önskad noggrannhet ger ett korrekt värde på ackumulationen av
reduktionsämnet och omvandlingen av avgasämnet i katalysa-
torn. Ett exempel på en i sammanhanget lämplig beräkningsmo-
dell kommer att beskrivas nedan:

25 Anordningen 10 innehåller vidare ett andra beräkningsorgan 30
anordnat att, utgående från information från det första beräk-
ningsorganet 20, beräkna ett ackumulation-ärvärde A_1 repre-
sentativt för aktuell ackumulation i katalysatorn 4 av det i reduk-
tionsmedlet ingående eller av reduktionsmedlet bildade reduk-
tionsämnet. Det andra beräkningsorganet 30 är även anordnat att
30 utgående från ett emission-börvärde E_2 och information från
nämnda beräkningsmodell beräkna ett ackumulation-börvärde
 A_2 . Detta emission-börvärde E_2 är representativt för ett önskat
35 innehåll i avgaserna som lämnar katalysatorn 4 av ett avgasämne
som vid avgasernas passage genom katalysatorn åtminstone
delvis avlägsnas ur avgaserna under inverkan av reduktionsäm-

net eller bildas under inverkan av reduktionsämnet. Emission-börvärdet E_2 utgör ett mått på den maximalt tillåtna emissionen av avgasämnet och kan bland annat styras av lagstadgade krav på avgasemission. Emission-börvärdet E_2 har i det enklaste fallet ett konstant värde men fastställs företrädesvis genom beräkning i ett beräkningsorgan 38 på i sig känt sätt i beroende av rådande driftförhållanden, såsom exempelvis förbränningsmotorns varvtal och last. Ackumulation-börvärdet A_2 är representativt för den ackumulation av reduktionsämnet som erfordras i katalysatorn under rådande driftförhållanden för att uppnå eller åtminstone väsentligen uppnå emission-börvärdet E_2 . Det första beräkningsorganet 20 och det andra beräkningsorganet 30 är med fördel integrerade i en gemensam datorenhet men kan om så finnes lämpligt utgöra separata och till varandra anslutna enheter.

15 Anordningen 10 innehåller vidare en komparator 32 anordnad att mottaga ackumulation-ärvärdet A_1 och ackumulation-börvärdet A_2 från det andra beräkningsorganet 30. Komparatoren 32 är anordnad att jämföra ackumulation-ärvärdet A_1 och ackumulation-börvärdet A_2 och att avge en signal S_1 som beror av överensstämmelsen, såsom exempelvis differensen, mellan detta ärvärde A_1 och börvärde A_2 . Anordningen 10 innehåller även reglermedel 34, 36 för styrning av insprutningen av reduktionsmedel utgående från nämnda signal S_1 från komparatoren 32. Nämnda reglermedel innehåller lämpligen en regulator 34, företrädesvis i form av en PI-regulator eller PID-regulator, vilken är anordnad att mottaga signalen S_1 från komparatoren 32. Utgående från denna signal S_1 avger regulatorn 34 en styrsignal S_2 till ett styrorgan 36, vilket är anslutet till insprutningsanordningens doser enhet 8 och vilket är anordnat att styra denna doser enhet i beroende av nämnda styrsignal S_2 så att en för rådande förhållanden lämplig mängd reduktionsmedel insprutas i avgasledningen 2.

20 25 30 35 Styrsignalen S_2 från regulatorn 34 kan även ledas till det första beräkningsorganet 20 för att utnyttjas i beräkningsmodellen som mått på insprutad mängd reduktionsmedel vid generering av information för nästa beräkning av ackumulation-ärvärde A_1 och

ackumulation-börvärde A2. Alternativt kan det första beräkningsorganet 20 vara anordnat att mottaga ett värde på insprutad mängd reduktionsmedel från styrorganet 36, såsom illustreras i Fig 3.

5

I Fig 3 illustreras en andra utföringsform av en anordning 10 enligt uppfinningen. De komponenter som återfinns både hos den ovan med hänvisning till Fig 2 beskrivna utföringsformen och hos utföringsformen enligt Fig 3 är betecknade med samma hänvisningsbeteckningar. Hos utföringsformen enligt Fig 3 innehållar anordningen 10 även medel för fastställande genom beräkning eller mätning av ett emission-ärvärdet $E1$ representativt för aktuellt innehåll av avgasämnet i avgaserna som lämnar katalysatorn 4. I det fall då emission-ärvärdet $E1$ fastställs genom beräkning sker detta företrädesvis i det första beräkningsorganet 20 med hjälp av ovan nämnda beräkningsmodell eller i ett separat beräkningsorgan med hjälp av information från denna beräkningsmodell. I det fall då emission-ärvärdet $E1$ fastställs genom mätning sker detta med hjälp av ett i avgasledningen nedströms katalysatorn 4 anordnat mätorgan.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

70

75

80

85

90

95

100

105

110

115

120

125

130

135

140

145

150

155

160

165

170

175

180

185

190

195

200

205

210

215

220

225

230

235

240

245

250

255

260

265

270

275

280

285

290

295

300

305

310

315

320

325

330

335

340

345

350

355

360

365

370

375

380

385

390

395

400

405

410

415

420

425

430

435

440

445

450

455

460

465

470

475

480

485

490

495

500

505

510

515

520

525

530

535

540

545

550

555

560

565

570

575

580

585

590

595

600

605

610

615

620

625

630

635

640

645

650

655

660

665

670

675

680

685

690

695

700

705

710

715

720

725

730

735

740

745

750

755

760

765

770

775

780

785

790

795

800

805

810

815

820

825

830

835

840

845

850

855

860

865

870

875

880

885

890

895

900

905

910

915

920

925

930

935

935

940

945

950

955

960

965

970

975

980

985

990

995

1000

1005

1010

1015

1020

1025

1030

1035

1040

1045

1050

1055

1060

1065

1070

1075

1080

1085

1090

1095

1100

1105

1110

1115

1120

1125

1130

1135

1140

1145

1150

1155

1160

1165

1170

1175

1180

1185

1190

1195

1200

1205

1210

1215

1220

1225

1230

1235

1240

1245

1250

1255

1260

1265

1270

1275

1280

1285

1290

1295

1300

1305

1310

1315

1320

1325

1330

1335

1340

1345

1350

1355

1360

1365

1370

1375

1380

1385

1390

1395

1400

1405

1410

1415

1420

1425

1430

1435

1440

1445

1450

1455

1460

1465

1470

1475

1480

1485

1490

1495

1500

1505

1510

1515

1520

1525

1530

1535

1540

1545

1550

1555

1560

1565

1570

1575

1580

1585

1590

sta beräkningsorganet 20 så att ackumulation-börvärdet $A2$ i erfordrad grad kompenseras för önskade avvikeler mellan emission-ärvärdet $E1$ och emission-börvärdet $E2$.

- 5 Hos utföringsformen enligt Fig 3 tillämpas en reglering i form av en så kallad kaskadreglering där det andra beräkningsorganet 30, komparatorn 32 och regulatorn 34 bildar en inre reglerkrets 12a som ställer in erforderlig ackumulation av reduktionsämnet i katalysatorn genom att påverka doseringen av reduktionsmedlet,
- 10 och där komparatorn 42 och regulatorn 44 bildar en yttre reglerkrets 12b som ställer in önskad emission av avgasämnet genom att via den inre reglerkretsen 12a påverka nivån på den erforderliga ackumulationen av reduktionsämnet i katalysatorn.
- 15 Programkod för implementering av det uppfinningsenliga förfarandet är företrädesvis anordnad att ingå i ett datorprogram som är direkt inläddningsbart till internminnet hos en dator, såsom till internminnet hos ovan nämnda datorenhet. Ett sådant datorprogram tillhandahålls lämpligen via en datorprogramprodukt, vilken
- 20 innehållar ett av en dator läsbart lagringsmedium på vilket datorprogrammet är lagrat. Nämnda lagringsmedium utgörs exempelvis av ett optiskt lagringsmedium i form av en CD-ROM-skiva, en DVD-skiva etc., eller av ett magnetiskt lagringsmedium i form av en hårddisk, en diskett, ett kassetband etc. I Fig 4 illustreras en
- 25 elektronisk styrenhet 50 innehållande ett medel 51, företrädesvis en central processorenhet (CPU), för exekvering av programvara, vilket via en databuss 52 kommunicerar med ett minne 53, exempelvis av typen RAM. Inkluderat i styrenheten 50 är också åtminstone ett lagringsmedium 54, exempelvis i form av ett minne av typen ROM, PROM, EPROM eller EEPROM eller ett Flashminne, vilket exekveringsmedlet 51 kommunicerar med via databussen 52. I lagringsmediet 54 är ett datorprogram innehållande programkod för implementering av det uppfinningsenliga förfarandet lagrat.
- 30
- 35 Reduktionsmedlet utgörs företrädesvis av urea ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) men kan även utgöras av exempelvis ammoniak (NH_3) eller kolväte

(bränsle). I den följande beskrivningen antas att katalysatorn 4 är en SCR-katalysator och att ett reduktionsmedel i form av urea eller ammoniak används. Det betonas dock att den uppfinningsenliga lösningen ej är begränsad till denna typ av reduktionskatalysator och denna typ av reduktionsmedel. Vid insprutningen av urea i avgaserna bildas ammoniak och det är denna ammoniak som utgör reduktionsämnet som bidrar till den katalytiska omvandlingen i SCR-katalysatorn. I detta fall utgörs det aktuella avgasämnet av NO_x .

10 Ovan nämnda beräkningsmodell är lämpligen utformad att utnyttja följande parametrar som invärden:

15 a) Avgastemperaturen P_1 uppströms katalysatorn 4. Denna temperatur kan fastställas med hjälp av temperaturgivare eller på något av de i sig kända sätten för beräkning därav.

20 b) NO_x -koncentrationen P_2 i avgaserna uppströms katalysatorn 4. Denna koncentration kan fastställas med hjälp av givare men fastställs lämpligen på något av de i sig kända sätten för beräkning därav, exempelvis utgående från förbränningsmotorns last, varvtal, insprutningsvinkel, d v s vinkelns hos förbränningsmotorns vevaxel vid insprutningen av bränsle i motorcylindern, och i förekommande fall EGR-halt (EGR = Exhaust Gas Recirculation), d v s halten av till motorn återförda avgaser.

25 c) Avgasmassflödet P_3 genom katalysatorn 4. Detta avgasmassflöde kan fastställas med hjälp av massflödesgivare men fastställs lämpligen på något av de i sig kända sätten för beräkning därav, exempelvis utgående från förbränningsmotorns last och varvtal.

30 d) I avgaserna insprutad mängd P_4 reduktionsmedel. Värdet på insprutad mängd reduktionsmedel erhålls lämpligen från styrorganet 36 eller från regulatorn 34.

Beräkningsmodellen kan även utnyttja O₂-koncentrationen i avgaserna uppströms SCR-katalysatorn och/eller omgivningstemperaturen som invärde. O₂-koncentrationen kan fastställas med hjälp av exempelvis lambdasensor men fastställs lämpligen på något av de i sig kända sätten för beräkning därav, exempelvis utgående från förbränningsmotorns last, varvtal och i förekommande fall EGR-halt.

I det följande beskrivs en utformning av en beräkningsmodell som är lämplig att använda för erhållande av information för beräkningen av ovan nämnda ackumulation-ärvärde A1, ackumulation-börvärde A2 och i förekommande fall emission-ärvärde E1 i ett förfarande och hos en anordning enligt föreliggande uppföring.

I en SCR-katalysator reagerar kväveoxid, NO_x, med ammoniak och reduceras till kvävgas. NO_x är det skadliga avgasämne som är avsett att avlägsnas från avgaserna och ammoniak är det reduktionsämne som används för detta. Ammoniak eller urea (som omvandlas till ammoniak) sprutas in i avgaserna uppströms SCR-katalysatorn. Med hjälp av beräkningsmodellen fastställs hur mycket NO_x som omvandlas i SCR-katalysatorn och hur mycket oförbrukad ammoniak som lämnar denna. Beräkningsmodellen beräknar dessutom kontinuerligt hur temperaturen varierar genom katalysatorn samt hur mycket ammoniak som finns ackumulerad i olika delar av denna. För detta krävs att beräkningsmodellen kontinuerligt tillförs information om storleken på gasflödet genom katalysatorn samt temperaturen och sammansättningen hos gasen som strömmar in i denna.

I SCR-katalysatorn sker ett antal reaktioner. Ammoniak adsorberas på aktiva sätten i katalysatorn, vilket ger upphov till ackumulering av ammoniak i katalysatorn. Den ackumulerade ammoniaken kan antingen desorbera, d v s lossna från de aktiva sättena, eller reagera med NO_x. Vid höga temperaturer sker dessutom till viss del oxidation av ammoniak med syre. Det som avgör hur mycket NO_x som omvandlas i katalysatorn är reaktionshastighe-

terna r_i för de olika reaktionerna. Reaktionerna med tillhörande reaktionshastigheter är de följande:

1) $S + NH_3 \rightarrow S.NH_3$ $r_1 = k_1 c_{NH_3} \theta_V$

5 2) $S.NH_3 \rightarrow S + NH_3$ $r_2 = k_2 \theta_{NH_3}$

3) $4S.NH_3 + 4NO + O_2 \rightarrow 4S + 4N_2 + 6H_2O$ $r_3 = k_3 c_{NO} \theta_{NH_3}$

10 4) $4S.NH_3 + 5O_2 \rightarrow 4S + 6H_2O + 4NO$ $r_4 = k_4 c_{O_2} \theta_{NH_3}$

där k_i är hastighetskonstanten för reaktion i , c_i är koncentrationen av ämne i , θ_V är andelen lediga säten och θ_{NH_3} är andelen säten belagda med ammoniak. Reaktionshastigheterna r_i är temperaturberoende i enlighet med Arrhenius ekvation:

$$k_i = k_{0,i} e^{-\frac{E_{A,i}}{RT}}$$

där $k_{0,i}$ är konstant för reaktion i , $E_{A,i}$ är aktiveringsenergin för reaktion i , R är allmänna gaskonstanten och T är temperaturen.

För att bestämma avgasernas sammansättning efter katalysatorn och hur mycket ackumulerad ammoniak som finns i olika delar av SCR-katalysatorn löses enligt beräkningsmodellen ett antal materialbalanser. Eftersom SCR-katalysatorn har en monolitstruktur strömmar gasen genom små kanaler där väggen mellan kanalerna innehåller det aktiva katalysatormaterialet. Katalysatorn modelleras genom att betrakta flödet genom en i ett antal segment indelad kanal. Materialbalanserna löses successivt från segmentet vid katalysatorns inlopp till segmentet vid dess utlopp. Från flödet i kanalen transporteras NO_x och ammoniak in till väggen hos kanalen där dessa ämnen reagerar. För att ta hänsyn till inverkan av den hastighet med vilken ämnena transporteras in till kanalväggen och inne i kanalväggen delas även kanalväggen in i ett antal segment. Eftersom alla materialbalanser i väggsegmenten inom ett och samma kanalsegment är kopplade till var-

andra så måste dessa lösas tillsammans i ett ekvationssystem. Enligt beräkningsmodellen ställs följande materialbalanser upp:

$$F_{\text{tot}}(y_{i,k-1} - y_{i,k}) - \Gamma_{i,k,0}(c_{i,k,0} - c_{i,k,1}) = 0$$

5

$$\Gamma_{i,k,n-1}(c_{i,k,n-1} - c_{i,k,n}) - \Gamma_{i,k,n}(c_{i,k,n} - c_{i,k,n+1}) + \sum_j v_{i,j} r_{j,k,n} w_{k,n} = 0 \quad \text{för } n \geq 1$$

där F_{tot} är det totala molära flödet, $y_{i,k}$ och $c_{i,k}$ är molandelen respektive koncentrationen av ämne i i kanalsegment k , $\Gamma_{i,k,0}$ och $\Gamma_{i,k,n}$ är koefficienterna för transport av ämne i från gasflödet till första väggsegmentet respektive mellan väggsegmenten n och $n+1$ i kanalsegment k , $v_{i,j}$ är stökmétriska koefficienten för ämne i i reaktion j , $r_{j,k,n}$ är reaktionshastigheten för reaktion j i kanalsegment k och väggsegment n och $w_{k,n}$ är massan av aktivt katalysatormaterial i kanalsegment k och väggsegment n . Ackumulationen av ammoniak i kanalsegment k och väggsegment n fås sedan genom materialbalansen:

$$N_c \frac{d\theta_{NH_3,k,n}}{dt} = \sum_j v_{i,j} r_{j,k,n}$$

20

Där N_c är antalet aktiva säten per massa katalysator.

För att bestämma temperaturen genom SCR-katalysatorn lösas enligt beräkningsmodellen på liknande sätt en värmebalans för gasen och en värmebalans för katalysatorn. Värmebalansen för gasen ges av:

$$F_{\text{tot}} c_p (T_{g,k-1} - T_{g,k}) - h_k A_k (T_{g,k} - T_{s,k}) = 0$$

30

där $T_{g,k}$ och $T_{s,k}$ är gastemperaturen respektive katalysatortemperaturen i kanalsegment k , c_p är värmekapaciteten för gasen, h_k är värmeförläggingskoefficienten i kanalsegment k och A_k väggarean i kanalsegment k . Värmebalansen för katalysatorn ges av:

$$m_{s,k} c_{p,s} \frac{dT_{s,k}}{dt} = h_k A_{k,0} (T_{g,k} - T_{s,k}) + \sum_i \sum_j r_{j,k,s} w_{k,n} (-\Delta H_j)$$

där $m_{s,k}$ är massan katalysator i kanalsegment k , $c_{p,s}$ är värmekapaciteten för katalysatormaterialet och $-\Delta H_j$ reaktionsvärmens
5 för reaktion j .

Såsom inses av en fackman inom området kan den ovan angivna
beräkningsmodellen modifieras på en mängd olika sätt och det är
även möjligt att använda en annan typ av beräkningsmodell än
10 den ovan angivna för erhållande av erfordrad information för be-
räkningen av ackumulation-ärvärde $A1$, ackumulation-börvärdet
 $A2$ och i förekommande fall emission-ärvärde $E1$.

I Fig 5-8 visas flödesscheman illustrerande förfaranden enligt
15 olika utföringsformer av föreliggande uppfinnning. De förfarande-
steg som illustreras i Fig 5-8 utförs kontinuerligt då katalysatorn
4 och den tillhörande insprutningsanordningen är aktiva. I ett för-
sta steg beräknas aktuella tillstånd i katalysatorn med hjälp av en
beräkningsmodell av ovan angiven typ. Utgående från informa-
20 tion erhållen genom beräkningarna i beräkningsmodellen beräk-
nas sedan ovan nämnda ackumulation-ärvärde $A1$ och ackumu-
lation-börvärdet $A2$. Ackumulation-ärvärde $A1$ och ackumulation-
börvärdet $A2$ jämförs därefter och utgående från denna jämfö-
relse genereras en styrsignal $S2$ för dosering av reduktionsme-
25 del. I ett avslutande steg sker dosering och insprutning i avgas-
ledningen av reduktionsmedel i beroende av nämnda styrsignal
 $S2$. Den insprutade mängden reduktionsmedel styrs således i be-
roende av överensstämmelsen mellan ackumulation-ärvärde $A1$
och ackumulation-börvärdet $A2$.

30 Enligt den i Fig 5 illustrerade utföringsformen fastställs ett emis-
sion-börvärdet $E2$ av ovan beskriven typ, varvid detta emission-
börvärdet $E2$ tas i beaktande i beräkningen av ackumulation-bör-
värdet $A2$.

35

Ett emission-börvärde $E2$ fastställs även hos den i Fig 6 illustrerade utföringsformen. Hos sistnämnda utföringsform beräknas dessutom ett emission-ärvärdet $E1$ av ovan angiven typ utgående från information från beräkningsmodellen. Detta emission-ärvärdet $E1$ jämförs med emission-börvärdet $E2$ och utgående från denna jämförelse genereras en styrsignal f_{sp} , vilken sedan tas i beaktande i beräkningen av ackumulation-börvärdet $A2$. Beräkningen av ackumulation-börvärdet $A2$ påverkas således av överensstämmelsen mellan emission-ärvärdet $E1$ och emission-börvärdet $E2$.

Hos den i Fig 7 illustrerade utföringsformen beräknas en begränsningsfaktor $f_{constrain}$ utgående från information från beräkningsmodellen, vilken begränsningsfaktor har ett värde som beroar av en uppskattning av den aktuella risken för att reduktionsämnesinnehållet i avgaserna som lämnar katalysatorn skall komma att överstiga ett förutbestämt gränsvärde. Denna begränsningsfaktor $f_{constrain}$ tas sedan i beaktande i beräkningen av ackumulation-börvärdet $A2$ på sådant sätt att ackumulation-börvärdet $A2$ reduceras med ökande risk för att reduktionsämnesinnehållet i avgaserna som lämnar katalysatorn skall komma att överstiga det förutbestämda gränsvärdet. Begränsningsfaktorn $f_{constrain}$ används lämpligen som en multiplikationsfaktor i beräkningen av ackumulation-börvärdet $A2$ och ges härvid ett värde som varierar mellan 0 och 1 i beroende av den aktuella risken för att reduktionsämnesinnehållet i avgaserna som lämnar katalysatorn skall komma att överstiga det förutbestämda gränsvärdet, varvid begränsningsfaktorns värde är nära 1 när det ej föreligger sådan risk och nära 0 när sådan risk är överhängande. Hos denna utföringsform tas även en styrsignal f_{sp} av ovan beskriven typ i beaktande i beräkningen av ackumulation-börvärdet $A2$.

Hos den i Fig 8 illustrerade utföringsformen beräknas ackumulation-börvärdet $A2$ genom multiplicering av två multiplikationsfaktorer, där en första multiplikationsfaktor utgörs av ett beräknat ackumulation-maxvärde A_{max} som är representativt för den maximalt tillåtna ackumulationen av reduktionsämnet i katalysatorn

under rådande driftförhållanden och en andra multiplikationsfaktor f_{sp} beror av överensstämmelsen mellan emission-ärvärdet $E1$ och emission-börvärdet $E2$. Nämnda andra multiplikationsfaktor motsvarar den ovan angivna styrignalen f_{sp} . Ackumulation-maxvärdet A_{max} beräknas utgående från information från beräkningsmodellen. I detta fall beräknas lämpligen även en begränsningsfaktor $f_{constrain}$ av ovan angiven typ, varvid denna begränsningsfaktor $f_{constrain}$ tas i beaktande i beräkningen av ackumulation-maxvärdet A_{max} på sådant sätt att ackumulation-maxvärdet A_{max} reduceras med ökande risk för att reduktionsämnesinnehållet i avgaserna som lämnar katalysatorn skall komma att överstiga det förutbestämda gränsvärdet.

Med maximalt tillåten ackumulation av reduktionsämne i katalysatorn avses här den högsta ackumulationen av reduktionsämne som enligt utförda beräkningar kan tillåtas i katalysatorn under rådande driftförhållanden utan att avgivningen till omgivningen av oförbrukat reduktionsämne kommer att överstiga det fastställda gränsvärdet.

Det uppfinningsenliga förfarandet kan i en förenklad variant vara så utformat att ackumulation-ärvärdet $A1$ och ackumulation-börvärdet $A2$ hänför sig till aktuell respektive erfordrad ackumulation av reduktionsämnet i det katalysatorsegment hos beräkningsmodellen som är beläget närmast katalysatorns inloppsände, d v s närmast dess uppströmsände. I detta fall kan ackumulation-ärvärdet $A1$ erhållas direkt ur beräkningsmodellen och ackumulation-börvärdet $A2$ kan exempelvis erhållas med hjälp av nedanstående beräkningsalgoritm, enligt vilken katalysatorn i sin längdriktning är indelad i ett flertal segment på motsvarande sätt som hos ovan nämnda beräkningsmodell. Den beräkningsalgoritmen som använd för att fastställa ackumulation-börvärdet $A2$ och ackumulation-ärvärdet $A1$ benämns fortsättningsvis doseringsalgoritm.

Först bestäms en gränsvärdesprofil för molbråket av reduktionsämne genom katalysatorn:

$$y_{R,k}^L = y_{L,R} + y_{NO_x,k} - y_{NO_x,K}$$

5 där $y_{L,R}$ är gränsvärdet för molbråket av reduktionsämne ut från katalysatorn och där $y_{NO_x,k}$ och $y_{NO_x,K}$ är molbråken av NO_x i segment k respektive K ($K =$ sista segmentet av katalysatorn). Eftersom molbråket för NO_x minskar längs katalysatorn kommer även molbråket för reduktionsämne i gränsvärdesprofilen att minska längs katalysatorn. Gränsvärdesprofilen för molbråket av reduktionsämne används sedan för att beräkna en gränsvärdesprofil för ackumulation av reduktionsämne:

$$\theta_{R,k}^L = \frac{K(T_{s,k}) \cdot c_{tot,k} \cdot y_{R,k}^L}{1 + K(T_{s,k}) \cdot c_{tot,k} \cdot y_{R,k}^L}$$

15 där $K(T_{s,k})$ är jämviktskonstanten för adsorption av reduktionsämne vid temperaturen T_s i segment k och där $c_{tot,k}$ är den totala gaskoncentrationen. Jämviktskonstanten bestäms av förhållandet mellan hastighetskonstanterna $k_a(T_{s,k})$ och $k_d(T_{s,k})$ för adsorption respektive desorption av reduktionsämne:

$$20 \quad K(T_{s,k}) = \frac{k_a(T_{s,k})}{k_d(T_{s,k})}$$

Förhållandet mellan fullständig NO_x -omvandling och aktuell NO_x -omvandling bestäms genom:

$$25 \quad f_{max} = \frac{y_{NO_x,0}}{y_{NO_x,0} - y_{NO_x,K}}$$

Detta förhållande används för att bestämma profilen för molbråket av reduktionsämne vid fullständig NO_x -omvandling:

$$30 \quad y_{R,k}^{max} = y_{L,R} + f_{max} (y_{NO_x,k} - y_{NO_x,K})$$

Denna profil används sedan för att bestämma en motsvarande profil för ackumulation av reduktionsämne:

$$\theta_{R,k}^{\max} = \frac{K(T_{s,k}) \cdot c_{tot,k} \cdot y_{R,k}^{\max}}{1 + K(T_{s,k}) \cdot c_{tot,k} \cdot y_{R,k}^{\max}}$$

5

Desorptionshastigheterna beräknas både för aktuell ackumulation av reduktionsämne och för gränsvärde för ackumulation av reduktionsämne:

$$10 \quad r_{d,k} = k_d(T_{s,k}) \theta_{R,k}$$

$$r_{d,k}^L = k_d(T_{s,k}) \theta_{R,k}^L$$

Förhållandet mellan dessa hastigheter beräknas därefter:

15

$$f_{d,k} = \frac{r_{d,k}}{r_{d,k}^L}$$

Förhållandet används för att bestämma en begränsningsfaktor:

$$20 \quad f_{constrain} = \frac{1}{1 + (c_1^{tune} f_{d,a} + c_2^{tune} f_{d,b})^{c_3^{tune}}}$$

där segment *a* och *b* samt parametrarna c_1^{tune} , c_2^{tune} och c_3^{tune} kan väljas respektive trimmas in för att uppnå optimal funktion. Begränsningsfaktorn har egenskapen att den är nära ett när ackumulationen av reduktionsämne är liten i förhållande till gränsvärde för ackumulation. När ackumulationen närmar sig gränsvärde minskar värdet på begränsningsfaktorn. Ackumulation-börvärde

25 *A2* bestäms slutligen genom:

$$30 \quad A2 = A_{\max} \cdot f_{SP} = \theta_{R,1}^{\max} \cdot f_{constrain} \cdot f_{SP}$$

där f_{SP} är styrignalen från den yttre reglerkretsen 12b. Här kan det ses att begränsningsfaktorn påverkar ackumulation-börvärde

A2. När ackumulationen av reduktionsämne närmar sig gränsvärdet kommer således ackumulation-börvärdet A2 att minskas tills ett jämviktsläge infinner sig. Ackumulation-ärvärdet A1 är i detta fall ackumulationen av reduktionsämne i katalysatorns första 5 segment:

$$A1 = \theta_{R,1}$$

I de ovan angivna formlerna hos doseringsalgoritmen betecknar R 10 det aktuella reduktionsämnet. I det fall då reduktionsämnet utgörs av ammoniak står således R för NH_3 .

Med denna enkla variant av doseringsalgoritm är det möjligt att 15 få en snabb reglering av ackumulationen av reduktionsämne i katalysatorn. Eftersom det är ackumulationen av reduktionsämne i katalysatorns första segment som regleras är responsen vid förändringar i doseringen av reduktionsmedel snabb. Det är också möjligt att trimma in regleringen så att mängden reduktionsämne som lämnar katalysatorn utan att reagera konstant 20 ligger under gränsvärdet, eftersom en begränsningsfaktor minskar ackumulation-börvärdet A2 när ackumulationen av reduktionsämne närmar sig gränsvärdet. Den främsta nackdelen med denna enkla variant av doseringsalgoritm är att det interna styrtillståndet, d v s ackumulationen av reduktionsämne i katalysatorn, inte direkt är representativt för NO_x -omvandlingen i katalysatorn. Eftersom NO_x -omvandlingen är temperaturberoende krävs 25 större ackumulation vid lägre temperaturer för att uppnå samma NO_x -omvandling. Detta innebär att det är den yttre reglerkretsen 12b som måste kompensera ackumulation-börvärdet A2 vid förändringar i temperaturen. Ett annat problem är att vid förändringar i temperaturen kommer temperaturen längs katalysatorn att variera och reduktionsämnet kommer att förbrukas olika snabbt i olika delar av katalysatorn. Eftersom det interna styrtillståndet endast är kopplat till första segmentet i katalysatorn 30 måste variationerna genom katalysatorn kompenseras av den yttre reglerkretsen 12b.

Det upfinningsenliga förfarandet kan i en mer förfinad variant vara så utformat:

- att för var och ett av segmenten hos beräkningsmodellen beräknas ett ackumulationsvärde A_k och ett omvandlingsvärde
- 5 $R_{max,k}$ varvid ackumulationsvärdet A_k är representativt för den under rådande driftsförhållanden maximalt tillåtna ackumulationen av reduktionsämnet i segmentet och omvandlingsvärdet $R_{max,k}$ är representativt för den förväntade omvandlingen av avgasämnet i segmentet när reduktionsämnesackumulationen i
- 10 segmentet motsvarar ackumulationsvärdet A_k ,
- att omvandlingsvärdena $R_{max,k}$ för de olika segmenten sammras, samt
- att den erhållna summan omräknas till ett fiktivt värde på den maximalt tillåtna ackumulationen av reduktionsämnet i det segment som är beläget närmast katalysatorns inloppsände, varvid detta fiktiva värde utgör ovan nämnda ackumulation-maxvärde A_{max} .

Utgående från det sålunda erhållna ackumulation-maxvärdet A_{max} erhålls sedan ackumulation-börvärdet A_2 på ovan angivet sätt genom multiplicering med en multiplikationsfaktor f_{sp} som beror av överensstämmelsen mellan emission-ärvärdet E_1 och emission-börvärdet E_2 .

25 För var och ett av segmenten beräknas lämpligen en begränsningsfaktor $f_{constrain,k}$ av ovan beskriven typ, varvid denna begränsningsfaktor $f_{constrain,k}$ tas i beaktande i beräkningen av omvandlingsvärdena $R_{max,k}$ på sådant sätt att omvandlingsvärdena reduceras med ökande risk för att reduktionsämnesinnehållet i

30 avgaserna som lämnar katalysatorn skall komma att överstiga det förutbestämda gränsvärdet.

35 För var och ett av segmenten beräknas vidare ett värde R_k på den aktuella omvandlingen av avgasämnet i segmentet. Ett värde R_{tot} på den totala aktuella omvandlingen av avgasämnet i katalysatorn beräknas sedan genom en summering av värdena R_k för de olika segmenten, varefter det sålunda erhållna värdet R_{tot} på

den totala aktuella omvandlingen av avgasämnet i katalysatorn omräknas till ett fiktivt värde på den aktuella ackumulationen av reduktionsämnet i det segment som är beläget närmast katalysatorns inloppsände, varvid detta fiktiva värde utgör ackumulation-ärvärdet A1.

Hos denna förfinade variant utgör det interna styrtillståndet ett representativt mått på NO_x -omvandlingen genom hela katalysatorn. Doseringsalgoritmen blir i detta fall kopplad till hur beräkningsmodellen för katalysatorn är formulerad. I det följande ges ett exempel på hur doseringsalgoritmen kan utformas om reduktionsämnet är ammoniak och beräkningsmodellen för katalysatorn innehåller följande reaktioner med tillhörande reaktionshastigheter:

15



20

Reaktionshastigheterna är givna per massa katalysator. Genom att summa reaktionshastigheten för reaktion 3 (NO_x -omvandling) multiplicerad med katalysatormassan i respektive segment och sedan dividera summan med uttrycket för reaktionshastigheten i första segmentet multiplicerad med katalysatormassan men med ackumulationen av ammoniak utlämnad fås ett mått på NO_x -omvandlingen genom hela katalysatorn uttryckt i ammoniakkumulation för första segmentet i katalysatorn, vilket utgör det aktuella värdet på det interna styrtillståndet, d.v.s ackumulation-ärvärdet A1:

$$A1 = \Phi_{\text{NH}_3} = \frac{\sum_{k=1}^K k_3(T_{s,k}) \cdot c_{\text{tot},k} \cdot y_{\text{NO}} \cdot \theta_{\text{NH}_3,k} \cdot w_k}{k_3(T_{s,1}) \cdot c_{\text{tot},1} \cdot y_{\text{NO}} \cdot w_1}$$

På motsvarande sätt bestäms börvärdet för det interna styrtillståndet, d v s ackumulation-börvärdet A2:

$$A2 = \Phi_{SP,NH_3} = f_{SP} \cdot \frac{\sum_{k=1}^K f_{constrain,k} \cdot k_3(T_{s,k}) \cdot c_{wt,k} \cdot y_{NO} \cdot \theta_{NH_3,k}^{\max} \cdot w_k}{k_3(T_{s,k}) \cdot c_{wt,k} \cdot y_{NO} \cdot w_k}$$

5

där $\theta_{NH_3,k}^{\max}$ kan bestämmas på samma sätt som $\theta_{R,k}^{\max}$ i den ovan beskrivna doseringsalgoritmen hos den förenklade varianten av det uppfinningsenliga förfarandet. Begränsningsfaktorerna kan ges olika värden för varje segment enligt:

10

$$f_{constrain,k} = \frac{1}{1 + c_k^{tune} \cdot f_{d,k}}$$

där $f_{d,k}$ bestäms på samma sätt som i den ovan beskrivna doseringsalgoritmen hos den förenklade varianten av det uppfinningsenliga förfarandet och där parametern c_k^{tune} kan trimmas olika för varje segment.

Denna förfinade variant har samma fördelar som den förenklade varianten. Det är möjligt att få en snabb reglering av det interna styrtillståndet eftersom detta är nära kopplat till ackumulationen av reduktionsämne i katalysatorns första segment. Doseringsalgoritmen går även att trimma in så att mängden reduktionsämne som lämnar katalysatorn utan att reagera konstant ligger under gränsvärdet, eftersom begränsningsfaktorerna minskar ackumulation-börvärdet A2 när ackumulationen av reduktionsämne närmar sig gränsvärdet. I motsats till den förenklade varianten är det interna styrtillståndet i den förfinade doseringsalgoritmen kopplat till NO_x-omvandlingen. Detta innebär att ackumulation-börvärdet A2 automatiskt justeras när temperaturen ändras. Genom att det interna styrtillståndet är kopplat till NO_x-omvandlingen genom hela katalysatorn har doseringsalgoritmen även förmågan att kompensera för varierande förbrukning av reduktionsämne i olika delar av katalysatorn på grund av variationer i temperaturen längs katalysatorn. Den förfinade doseringsalgoritmen har följ-

aktligen förmågan att kompensera för de flesta variationer som kan uppkomma längs katalysatorn, vilket innebär att den yttre reglerkretsen 12b endast behöver göra smärre justeringar av ackumulation-börvärdet A2 för att hålla NO_x-emissionen på en önskad nivå.

Uppfinningen är givetvis inte på något sätt begränsad till de ovan beskrivna föredragna utföringsformerna, utan en mängd möjligheter till modifikationer därav torde vara uppenbara för en fackman på området, utan att denne för den skull avviker från uppfinnings grundtanke sådan denna definieras i bifogade patentkrav. Avgassystemet kan till exempel innehålla åtminstone en till katalysator kopplad i serie med reduktionskatalysatorn 4, exempelvis en oxidationskatalysator och/eller en hydrolyskatalysator uppströms reduktionskatalysatorn och/eller en slipkatalysator nedströms reduktionskatalysatorn.

PATENTKRAV

1. Förfarande för styrning av insprutningen av reduktionsmedel uppströms en katalysator (4) i en avgasledning (2) från en förbränningsmotor (1), kännetecknat därav,
 - 5 - att ett ackumulation-ärvärde (A1) representativt för aktuell ackumulation i katalysatorn (4) av ett i reduktionsmedlet ingående eller av reduktionsmedlet bildat reduktionsämne beräknas utgående från information från en beräkningsmodell som, under beaktande av de förväntade reaktionerna i katalysatorn under rådande driftförhållanden, kontinuerligt fastställer aktuella tillstånd i katalysatorn; såsom exempelvis ackumulationen 10 av reduktionsämnet i olika delar av katalysatorn och den omvandling av avgasämne som sker i olika delar av katalysatorn,
 - 15 - att ett ackumulation-börvärde (A2) beräknas utgående från ett emission-börvärde (E2) och information från nämnda beräkningsmodell, varvid emission-börvärdet (E2) är representativt för ett önskat innehåll i avgaserna som lämnar katalysatorn (4) av ett avgasämne som vid avgasernas passage genom katalysatorn åtminstone delvis avlägsnas ur avgaserna under 20 inverkan av reduktionsämnet eller bildas under inverkan av reduktionsämnet och ackumulation-börvärdet (A2) är representativt för den ackumulation av reduktionsämnet som erfordras i katalysatorn under rådande driftförhållanden för att väsentligen uppnå emission-börvärdet (E2),
 - 25 - att ackumulation-ärvärdet (A1) jämförs med ackumulation-börvärdet (A2), samt
 - att insprutningen av reduktionsmedel i avgasledningen styrs i 30 beroende av resultatet av jämförelsen mellan ackumulation-ärvärdet (A1) och ackumulation-börvärdet (A2).
2. Förfarande enligt krav 1, kännetecknat därav, att en begränsningsfaktor ($f_{constraint}$) beräknas, vilken begränsningsfaktor har ett värde som beror av en uppskattning av den aktuella risken 35 för att reduktionsämnesinnehållet i avgaserna som lämnar katalysatorn skall komma att överstiga ett förutbestämt gränsvärde, samt att denna begränsningsfaktor tas i beaktande i be-

räkningen av ackumulation-börvärdet (A2) på sådant sätt att ackumulation-börvärdet (A2) reduceras med ökande risk för att reduktionsämnesinnehållet i avgaserna som lämnar katalysatorn skall komma att överstiga det förutbestämda gränsvärdet.

5

3. Förfarande enligt krav 2, kännetecknat därav, att begränsningsfaktorn ($f_{constrain}$) används som en multiplikationsfaktor i beräkningen av ackumulation-börvärdet (A2) och ges ett värde som varierar mellan 0 och 1 i beroende av den aktuella risken för att reduktionsämnesinnehållet i avgaserna som lämnar katalysatorn skall komma att överstiga det förutbestämda gränsvärdet, varvid begränsningsfaktorns värde är nära 1 när det ej föreligger sådan risk och nära 0 när sådan risk är överhängande.

15

4. Förfarande enligt något av föregående krav, kännetecknat därav, att ackumulation-ärvärdet (A1) och ackumulation-börvärdet (A2) tillförs en första komparator (32), vilken till en första regulator (34), företrädesvis i form av en PI-regulator, avger en signal (S1) som beror av överensstämmelsen mellan ackumulation-ärvärdet (A1) och ackumulation-börvärdet (A2), samt att regulatorn (34) i beroende av signalen från komparatoren (32) avger en styrsignal (S2), varvid insprutningen av reduktionsmedel i avgasledningen styrs i beroende av denna styrsignal (S2).

20

25

5. Förfarande enligt något av föregående krav, kännetecknat därav,

30

- att ett emission-ärvärde (E1) fastställs genom beräkning eller mätning, vilket emission-ärvärde (E1) är representativt för aktuellt innehåll av avgasämnet i avgaserna som lämnar katalysatorn (4),

35

- att emission-ärvärdet (E1) jämförs med emission-börvärdet (E2), samt

- att ackumulation-börvärdet (A2) beräknas utgående från information från nämnda beräkningsmodell och överensstäm-

melsen mellan emission-ärvärdet (E_1) och emission-börvärdet (E_2).

6. Förfarande enligt krav 5, kännetecknat därav, att emission-ärvärdet (E_1) beräknas med hjälp av nämnda beräkningsmodell eller med hjälp av information från denna.
- 10 7. Förfarande enligt krav 5 eller 6, kännetecknat därav, att emission-ärvärdet (E_1) och emission-börvärdet (E_2) tillförs en andra komparator (42), vilken till en andra regulator (44), företrädesvis i form av en PI-regulator, avgör en signal (S_3) som beror av överensstämelsen mellan emission-ärvärdet (E_1) och emission-börvärdet (E_2), samt att den andra regulatorn (44) i beroende av signalen från den andra komparatorn (42) avger en styrsignal (f_{SP}) som bringas att påverka beräkningen av ackumulation-börvärdet (A_2).
- 20 8. Förfarande enligt något av kraven 5-7, kännetecknat därav, att ackumulation-börvärdet (A_2) erhålls genom multiplicering av två multiplikationsfaktorer, där en första multiplikationsfaktor utgörs av ett beräknat ackumulation-maxvärde (A_{max}) som är representativt för den maximalt tillåtna ackumulationen av reduktionsämnet i katalysatorn under rådande driftförhållanden och en andra multiplikationsfaktor beror av överensstämelsen mellan emission-ärvärdet (E_1) och emission-börvärdet (E_2).
- 25 9. Förfarande enligt något av föregående krav, kännetecknat därav, att katalysatorn (4) enligt beräkningsmodellen i sin längdriktning uppdelas i ett flertal segment, varvid ackumulation-ärvärdet (A_1) och ackumulation-börvärdet (A_2) hänför sig till aktuell respektive erfordrad ackumulation av reduktionsämnet i det segment som är beläget närmast katalysatorns inloppsände.
- 30 35 10. Förfarande enligt krav 8, kännetecknat därav, att katalysatorn (4) enligt beräkningsmodellen i sin längdriktning uppde-

las i ett flertal segment, samt att ackumulation-maxvärdet (A_{max}) hänförl sig till den under rådande driftförhållanden maximalt tillåtna ackumulationen av reduktionsämnet i det segment som är beläget närmast katalysatorns inloppsände.

5

11. Förfarande enligt krav 8 eller 10, kännetecknat därav, att en begränsningsfaktor ($f_{constrain}$) beräknas, vilken begränsningsfaktor ($f_{constrain}$) har ett värde som beror av en uppskattning av den aktuella risken för att reduktionsämnesinnehållet i avgaserna som lämnar katalysatorn skall komma att överstiga ett förutbestämt gränsvärde, samt att denna begränsningsfaktor ($f_{constrain}$) tas i beaktande i beräkningen av ackumulation-maxvärdet (A_{max}) på sådant sätt att ackumulation-maxvärdet (A_{max}) reduceras med ökande risk för att reduktionsämnesinnehållet i avgaserna som lämnar katalysatorn skall komma att överstiga det förutbestämda gränsvärdet.

10

15

12. Förfarande enligt krav 11, kännetecknat därav, att begränsningsfaktorn ($f_{constrain}$) används som en multiplikationsfaktor i beräkningen av ackumulation-maxvärdet (A_{max}) och ges ett värde som varierar mellan 0 och 1 i beroende av den aktuella risken för att reduktionsämnesinnehållet i avgaserna som lämnar katalysatorn skall komma att överstiga det förutbestämda gränsvärdet, varvid begränsningsfaktorns värde är nära 1 när det ej föreligger sådan risk och nära 0 när sådan risk är överhängande.

20

25

13. Förfarande enligt krav 8, kännetecknat därav,

- att katalysatorn (4) enligt beräkningsmodellen i sin längdriktning uppdelas i ett flertal segment
- att för var och ett av segmenten beräknas ett ackumulationsvärde (A_k) och ett omvandlingsvärde ($R_{max,k}$), varvid ackumulationsvärdet (A_k) är representativt för den under rådande driftsförhållanden maximalt tillåtna ackumulationen av reduktionsämnet i segmentet och omvandlingsvärdet ($R_{max,k}$) är representativt för den förväntade omvandlingen av avgas-

30

35

ämnet i segmentet när reduktionsämnesackumulationen i segmentet motsvarar ackumulationsvärdet,

- att omvandlingsvärdena ($R_{max,k}$) för de olika segmenten summeras, samt
- 5 - att den erhållna summan omräknas till ett fiktivt värde på den maximalt tillåtna ackumulationen av reduktionsämnet i det segment som är beläget närmast katalysatorns inloppssända, varvid detta fiktiva värde utgör nämnda ackumulationsvärdet (A_{max}).
- 10 14. Förfarande enligt krav 13, kännetecknat därav, att för var och ett av segmenten beräknas en begränsningsfaktor ($f_{constrain,k}$), vilken begränsningsfaktor har ett värde som beror av en uppskattning av den aktuella risken för att reduktionsämnesinnehållet i avgaserna som lämnar katalysatorn skall komma att överstiga ett förutbestämt gränsvärde, samt att denna begränsningsfaktor ($f_{constrain,k}$) tas i beaktande i beräkningen av omvandlingsvärdena ($R_{max,k}$) på sådant sätt att omvandlingsvärdena ($R_{max,k}$) reduceras med ökande risk för att reduktionsämnesinnehållet i avgaserna som lämnar katalysatorn skall komma att överstiga det förutbestämda gränsvärdet.
- 15 15. Förfarande enligt krav 14, kännetecknat därav, att begränsningsfaktorn ($f_{constrain,k}$) används som en multiplikationsfaktor i beräkningen av omvandlingsvärdet ($R_{max,k}$) och ges ett värde som varierar mellan 0 och 1 i beroende av den aktuella risken för att reduktionsämnesinnehållet i avgaserna som lämnar katalysatorn skall komma att överstiga det förutbestämda gränsvärdet, varvid begränsningsfaktorns värde är nära 1 när det ej föreligger sådan risk och nära 0 när sådan risk är överhängande.
- 20 16. Förfarande enligt något av kraven 13-15, kännetecknat därav,
- 25 - att för var och ett av segmenten beräknas ett värde (R_k) på den aktuella omvandlingen av avgasämnet i segmentet,
- 30
- 35

- att ett värde (R_{tot}) på den totala aktuella omvandlingen av avgasämnet i katalysatorn (4) beräknas genom en summering av värdena (R_k) för de olika segmenten, samt

5 - att värdet (R_{tot}) på den totala aktuella omvandlingen av avgasämnet i katalysatorn omräknas till ett fiktivt värde på den aktuella ackumulationen av reduktionsämnet i det segment som är beläget närmast katalysatorns inloppsände, varvid detta fiktiva värde utgör ackumulation-ärvärdet ($A1$).

10 17. Förfarande enligt något av föregående krav, kännetecknat därav, att emission-börvärdet ($E2$) beräknas i beroende av rådande driftförhållanden.

15 18. Förfarande enligt något av föregående krav, kännetecknat därav, att åtminstone följande parametrar utnyttjas i beräkningsmodellen vid generering av information för beräkningen av ackumulation-ärvärdet ($A1$) och ackumulation-börvärdet ($A2$):

- avgastemperaturen ($P1$) uppströms katalysatorn,
- koncentrationen ($P2$) av avgasämnet i avgaserna uppströms katalysatorn,
- avgasmassflödet ($P3$) genom katalysatorn, och
- insprutad mängd ($P4$) reduktionsmedel.

20 19. Förfarande enligt något av föregående krav, kännetecknat därav, att urea eller ammoniak används som reduktionsmedel, varvid reduktionsämnet utgörs av ammoniak.

25 20. Förfarande enligt något av föregående krav, kännetecknat därav, att avgasämnet utgörs av NO_x .

30 21. Anordning för utövande av ett förfarande enligt något av kraven 1-20 för styrning av insprutningen av reduktionsmedel uppströms en katalysator (4) i en avgasledning (2) från en förbränningsmotor (1), kännetecknad därav, att anordningen innehåller

- ett första beräkningsorgan (20) anordnat att genom användning av en beräkningsmodell kontinuerligt fastställa aktuella tillstånd i katalysatorn under beaktande av de förväntade reaktionerna i katalysatorn under rådande driftförhållanden,
- 5 - ett andra beräkningsorgan (30) anordnat att, utgående från information från nämnda beräkningsmodell, beräkna ett ackumulation-ärvärde (A1) representativt för aktuell ackumulation i katalysatorn (4) av ett i reduktionsmedlet ingående eller av reduktionsmedlet bildat reduktionsämne, varvid det andra beräkningsorganet (30) även är anordnat att utgående från ett emission-börvärde (E2) och information från nämnda beräkningsmodell beräkna ett ackumulation-börvärde (A2), varvid emission-börvärdet (E2) är representativt för ett önskat innehåll i avgaserna som lämnar katalysatorn (4) av ett avgasämne som vid avgasernas passage genom katalysatorn åtminstone delvis avlägsnas ur avgaserna under inverkan av reduktionsämnet eller bildas under inverkan av reduktionsämnet och ackumulation-börvärdet (A2) är representativt för den ackumulation av reduktionsämnet som erfordras i katalysatorn under rådande driftförhållanden för att väsentligen uppnå emission-börvärdet (E2),
- 10 - en komparator (32) anordnad att jämföra ackumulation-ärvärdet (A1) och ackumulation-börvärdet (A2), samt
- 15 - reglermedel (34, 36) för styrning av insprutningen av reduktionsmedel utgående från jämförelsen mellan ackumulation-ärvärdet (A1) och ackumulation-börvärdet (A2).
- 20
- 25
- 30
- 35

22. Anordning enligt krav 21, kännetecknad därav, att anordningen innehåller medel för fastställande genom beräkning eller mätning av ett emission-ärvärde (E1) representativt för aktuellt innehåll av avgasämnet i avgaserna som lämnar katalysatorn (4), samt att det andra beräkningsorganet (30) är anordnat att beräkna ackumulation-börvärdet (A2) utgående från information från nämnda beräkningsmodell och överensstämmelsen mellan emission-ärvärdet (E1) och emission-börvärdet (E2).

23. Datorprogram direkt inladdningsbart till internminnet hos en dator, vilket datorprogram innehåller programkod för implementering av ett förfarande enligt något av kraven 1-20.

5 24. Datorprogramprodukt innehållande ett av en elektronisk styrenhet läsbart medium uppvisande ett därpå lagrat datorprogram avsett att bringa en elektronisk styrenhet att implementera ett förfarande enligt något av kraven 1-20.

10 25. Elektronisk styrenhet (50) innehållande ett exekveringsmedel (51); ett till exekveringsmedlet (51) anslutet minne (53) och ett till exekveringsmedlet (51) anslutet lagringsmedium (54), varvid ett datorprogram innehållande programkod för implementering av ett förfarande enligt något av kraven 1-20 är lagrat i nämnda lagringsmedium (54).

15

SAMMANDRAG

Uppfinningen avser ett förfarande och en anordning (10) för styrning av insprutningen av reduktionsmedel uppströms en katalysator (4) i en avgasledning (2) från en förbränningsmotor. Enligt uppfinningen styrs insprutningen av reduktionsmedel i avgasledningen i beroende av resultatet av en jämförelsen mellan ett beräknat ackumulation-ärvärdet (A_1) och ett beräknat ackumulation-börvärdet (A_2). Uppfinningen avser även ett datorprogram innehållande programkod för implementering av nämnda förfarande, en datorprogramprodukt innehållande ett av en elektronisk styrenhet läsbart medium uppvisande ett därpå lagrat datorprogram avsett att bringa en elektronisk styrenhet att implementera nämnda förfarande samt en elektronisk styrenhet.

15

(Fig 1)

1/6

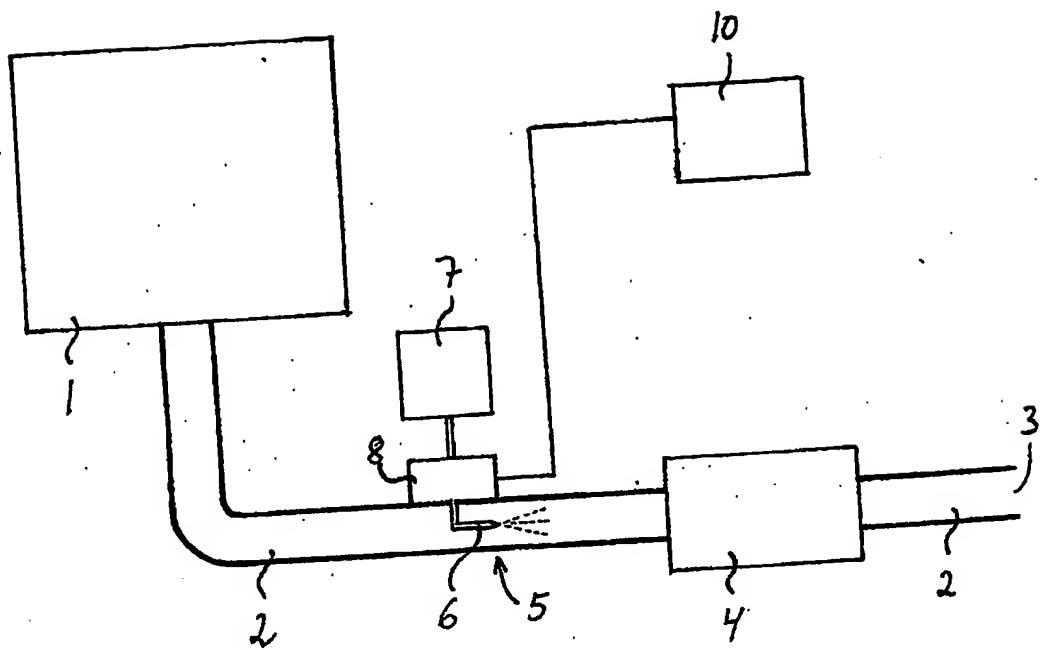


Fig 1

2/6

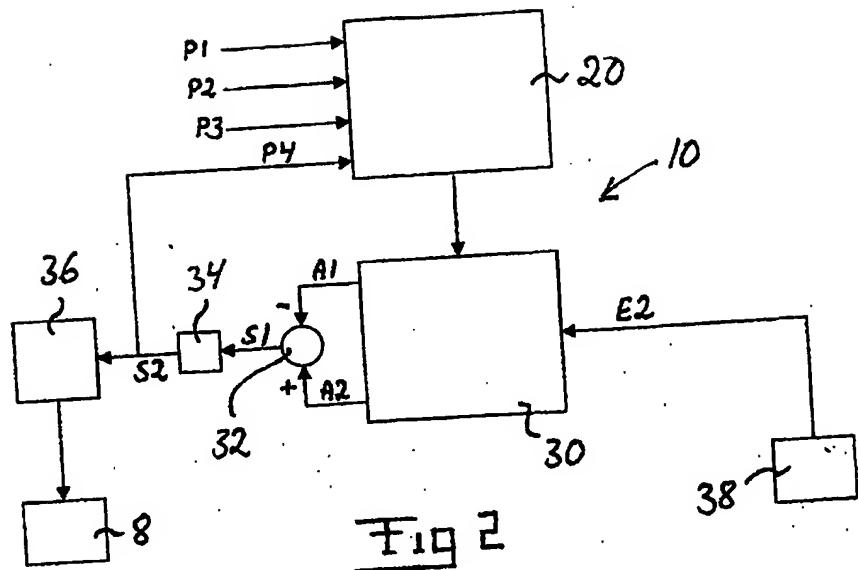


Fig. 2

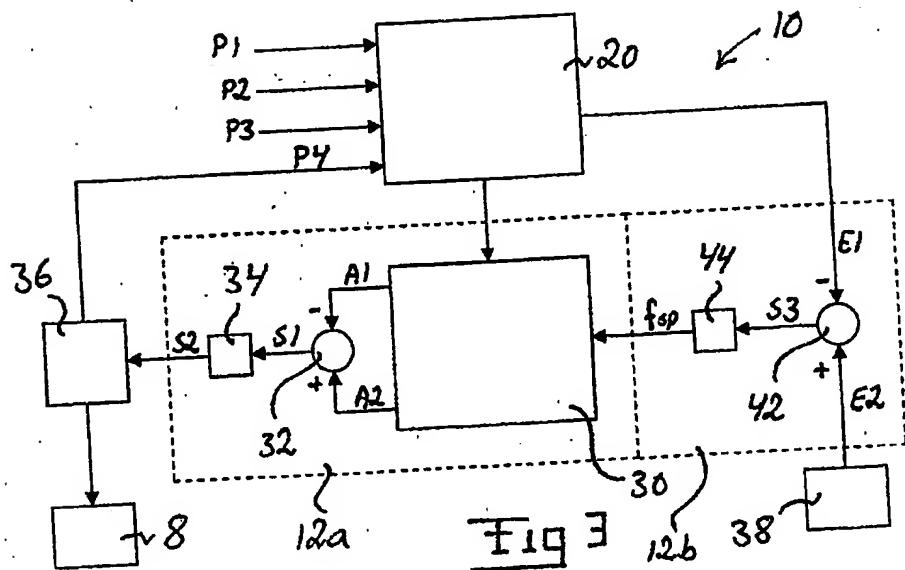


Fig. 3

3/6

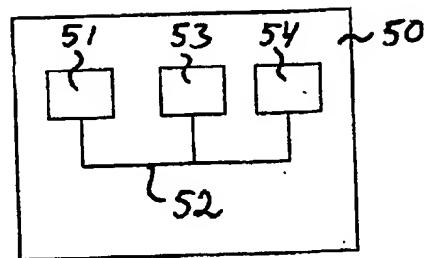


Fig 4

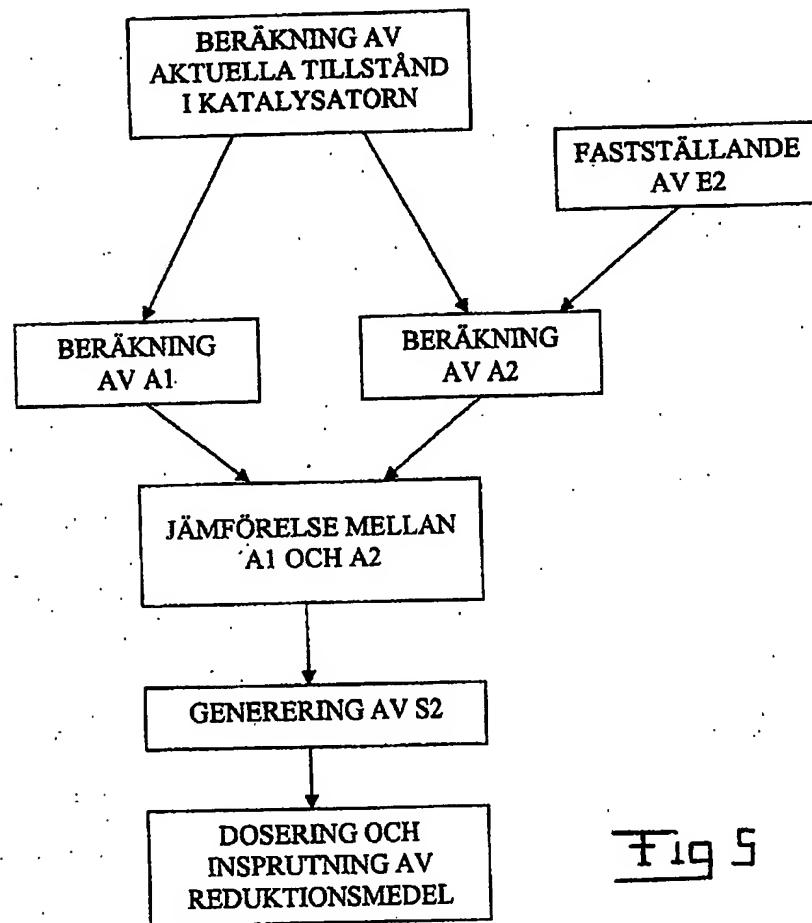


Fig 5

4/6

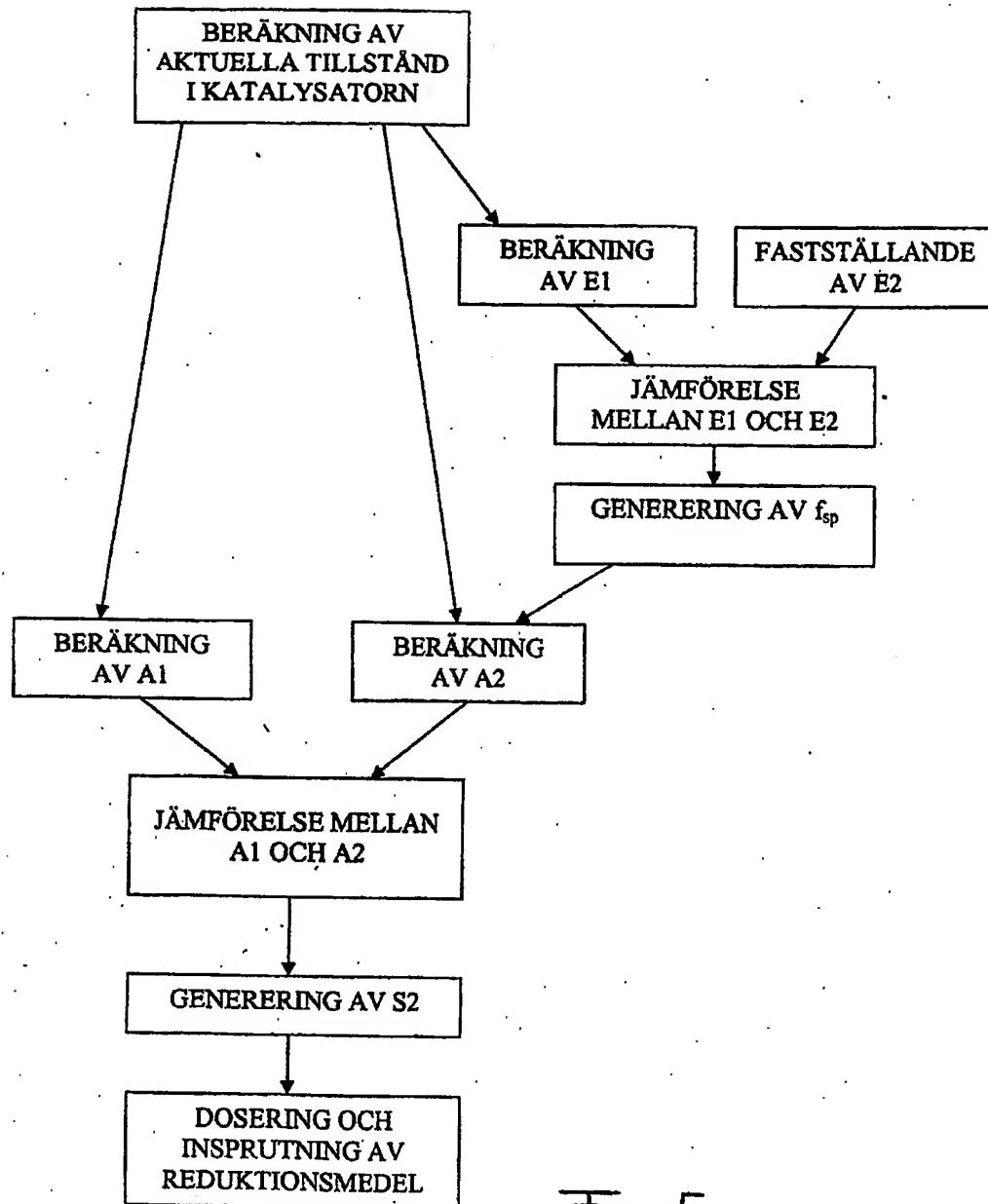
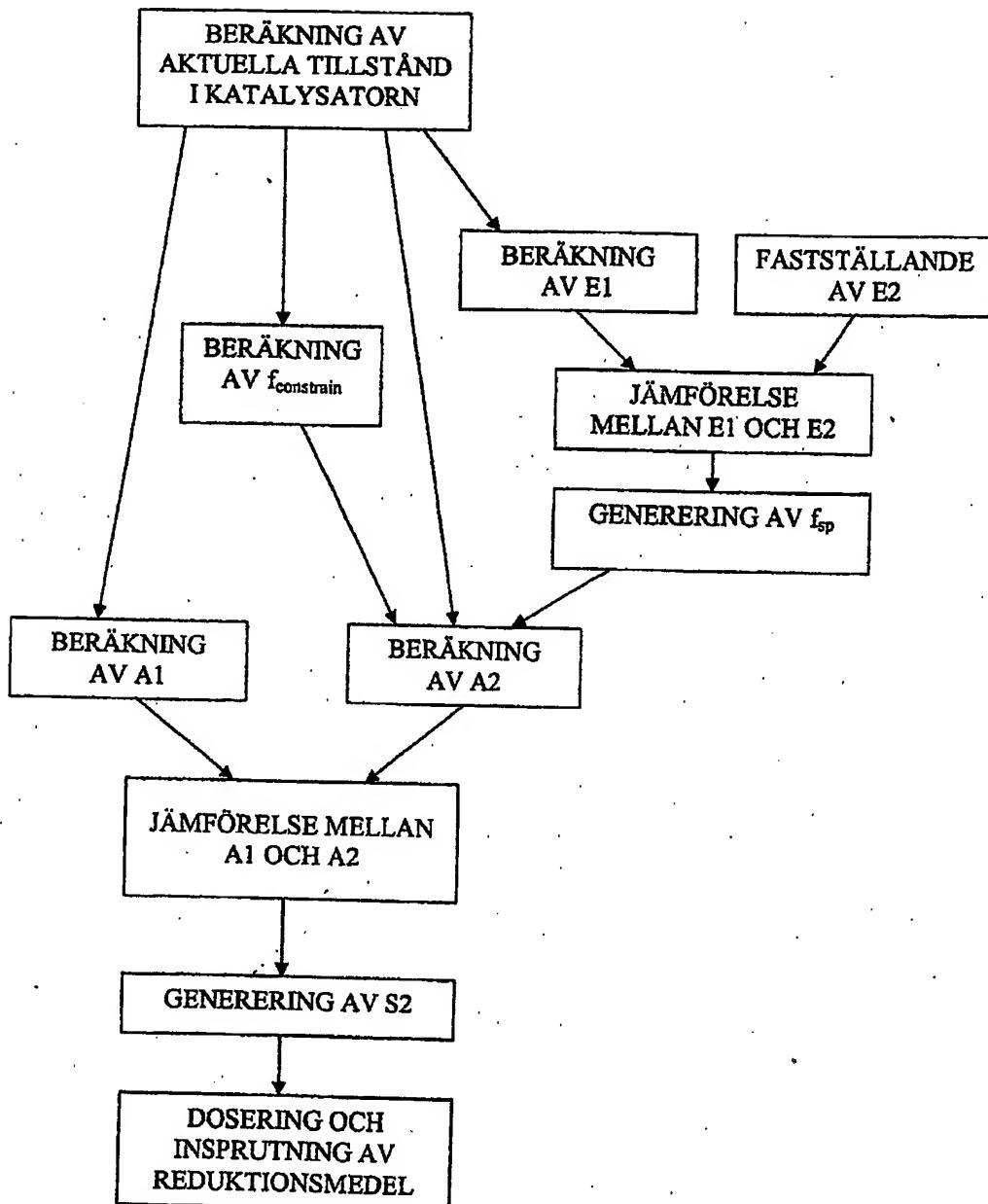


Fig 6



6/6

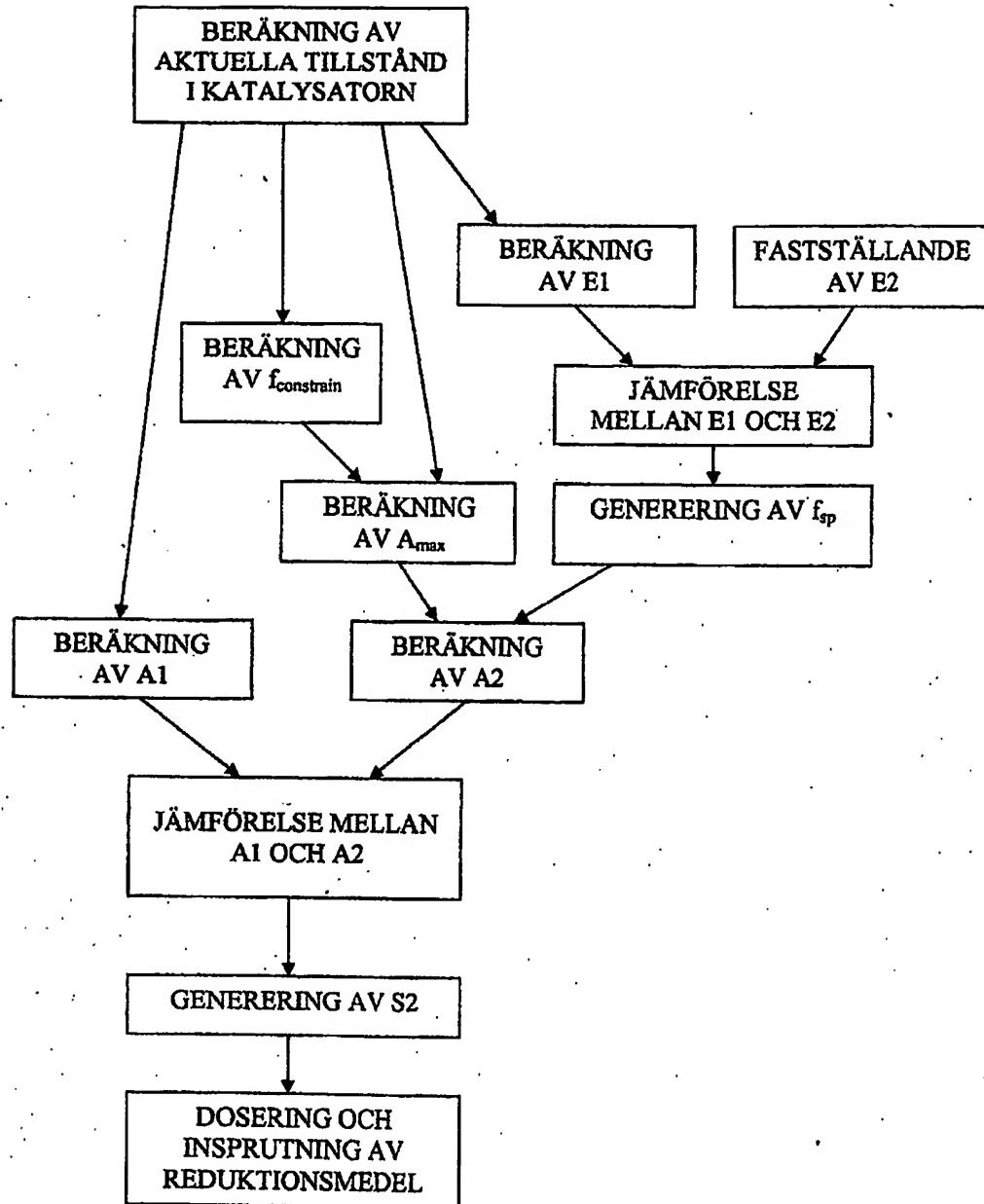


Fig 8